

*J. Wetcher*  
*6-1-01*  
*4/5*

520.39871X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): H. TAKAHASHI ET AL.

Serial No.: Not Yet Assigned

Filed: March 20, 2001

For: MAGNETORESISTIVE SENSOR INCLUDING MAGNETIC  
DOMAIN CONTROL LAYERS HAVING HIGH ELECTRIC  
RESISTIVITY, MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC DISK  
APPARATUS



CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

March 20, 2001

Sir:

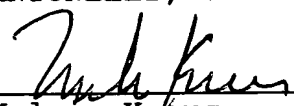
Under the provisions of 35 U.S.C. and 37 CFR 1.55, the  
applicants hereby claim the right of priority based on:

**Japan 2000-210704, filed July 6, 2000**

The certified copy of said Japanese application is  
attached hereto.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS

  
\_\_\_\_\_  
Melvin Kraus  
Registration No. 22,466

MK:alw  
(703) 312-6600

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

J1017 U.S. PTO  
09/811606  
03/20/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月 6日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-210704

出 願 人

Applicant(s):

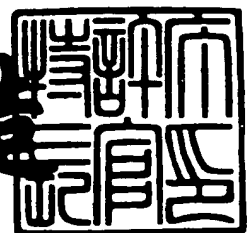
株式会社日立製作所

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 2月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 NT00P0420

【提出日】 平成12年 7月 6日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 高橋 宏昌

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 荒井 礼子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所 中央研究所内

【氏名】 添谷 進

【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100068504

【弁理士】

【氏名又は名称】 小川 勝男

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成 1 1 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構（再）委託研究、産業活力再生特別措置法第 3 0 条の適用を受けるもの）

【書類名】 明細書

【発明の名称】 高抵抗磁区制御膜を用いた磁界センサー、および磁気ヘッド並びに磁気記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、下部磁気シールド層と上部磁気シールド層からなる一対の磁気シールド層と、該一対の磁気シールド間に配置された磁気抵抗効果素子膜と、該磁気抵抗効果素子膜面に垂直な方向に信号電流を流すための電極端子と、前記磁気抵抗効果素子膜のバルクハウゼンノイズを抑制するための磁区制御膜を備えた磁界センサーにおいて、該磁気抵抗効果素子膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域において該磁気抵抗効果素子膜両脇位置に配された前記磁区制御膜が、その比抵抗が 1 0 ミリオームセンチメートル以上の材料からなり、前記領域において少なくとも前記磁気抵抗効果素子膜両脇端面に直接接していることを特徴とする磁界センサー。

【請求項 2】

基板と、下部磁気シールド層と上部磁気シールド層からなる一対の磁気シールド層と、該一対の磁気シールド間に配置された磁気抵抗効果素子膜と、該一対の磁気シールド間に配置され、媒体対向面に露出した位置から素子高さ方向に伸びた形状をもち、記録媒体の磁界を内部に導く磁気ヨーク膜と、該磁気抵抗効果素子膜の膜面に垂直な方向に信号電流を流すための電極端子と、前記磁気抵抗効果素子膜のバルクハウゼンノイズを抑制するための磁区制御膜とを備えた磁界センサーにおいて、前記磁気抵抗効果素子膜は媒体対向面より後退した位置で該磁気ヨーク膜間に配置され、前記磁区制御膜が、該磁気抵抗効果素子膜及び該磁気ヨーク膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域において該磁気抵抗効果素子膜両脇位置に設けられ、その比抵抗が 1 0 ミリオームセンチメートル以上の材料からなり、前記領域において少なくとも前記磁気抵抗効果素子膜両脇端面に直接接し、かつ、該磁区制御膜が前記磁気ヨーク膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域の少なくとも一部分において前記磁気ヨーク膜両脇端面に直接接していることを特徴とする磁界センサー。

## 【請求項 3】

基板と、下部磁気シールド層と上部磁気シールド層からなる一対の磁気シールド層と、該一対の磁気シールド間に配置された磁気抵抗効果素子膜と、該一対の磁気シールド間に配置され、媒体対向面に露出した位置から、素子高さ方向に伸びた形状をもち、どちらかの磁気シールド層に接触して媒体の磁束を誘導する構造を持つフラックスガイド型磁気ヨーク膜と、該磁気抵抗効果素子膜面に垂直な方向に信号電流を流すための電極端子と、該磁気抵抗効果素子膜およびフラックスガイド型磁気ヨーク膜のバルクハウゼンノイズを抑制するための磁区制御膜とを備えた磁界センサーにおいて、前記磁気抵抗効果素子膜は媒体対向面より後退した位置において、前記フラックスガイド型磁気ヨーク膜の上あるいは下に配置され、該フラックスガイド型磁気ヨーク膜は前記磁気抵抗効果素子膜と接する領域において不連続部分を有し、前記磁気抵抗効果素子膜及び前記フラックスガイド型磁気ヨーク膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域において該磁気抵抗効果素子膜両脇位置に配された前記磁区制御膜が、その比抵抗が 10 ミリオームセンチメートル以上の材料からなり、該磁区制御膜が前記磁気抵抗効果素子膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域に至る領域において少なくとも前記磁気抵抗効果素子膜両脇端面に直接接し、かつ、該磁区制御膜が前記磁気ヨーク膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域の少なくとも一部分において前記磁気ヨーク膜両脇端面に直接接していることを特徴とする磁界センサー。

## 【請求項 4】

前記磁区制御膜が、厚さ 5 ナノメートル以下の酸化物からなる下地膜と該酸化物下地膜上に形成した 10 ミリオームセンチメートル以上の高抵抗率酸化物材料からなることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の磁界センサー。

## 【請求項 5】

基板と、下部磁気シールド層と上部磁気シールド層からなる一対の磁気シールド層と、該一対の磁気シールド間に配置された磁気抵抗効果素子膜と、該磁気抵抗効果素子膜面に垂直な方向に信号電流を流すための電極端子と、前記磁気抵抗効果素子膜のバルクハウゼンノイズを抑制するための磁区制御膜を備えた磁界セ

ンサーにおいて、該磁気抵抗効果素子膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域において該磁気抵抗効果素子膜両脇位置に配された前記磁区制御膜を構成する材料が、少なくとも $R$  ( $R = Fe, Co, Mn, Ni$ ) と酸素 ( $O$ ) を含む $R_2O_3$ なる組成をもった化合物で、スピネル構造をもち、 $(400)$ 配向面をもつ材料であり、該磁区制御膜が、前記領域において少なくとも前記磁気抵抗効果素子膜両脇端面に直接接していることを特徴とする記載の磁界センサー。

#### 【請求項6】

基板と、下部磁気シールド層と上部磁気シールド層からなる一対の磁気シールド層と、該一対の磁気シールド間に配置された磁気抵抗効果素子膜と、該一対の磁気シールド間に配置され、媒体対向面に露出した位置から素子高さ方向に伸びた形状をもち、記録媒体の磁界を内部に導く磁気ヨーク膜と、該磁気抵抗効果素子膜の膜面に垂直な方向に信号電流を流すための電極端子と、前記磁気抵抗効果素子膜のバルクハウゼンノイズを抑制するための磁区制御膜とを備えた磁界センサーにおいて、前記磁気抵抗効果素子膜は媒体対向面より後退した位置において該磁気ヨーク膜間に設けられ位置に配置され、該磁気抵抗効果素子膜及び該磁気ヨーク膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域において該磁気抵抗効果素子膜両脇位置に配された前記磁区制御膜を構成する材料が、少なくとも $R$  ( $R = Fe, Co, Mn, Ni$ ) と酸素 ( $O$ ) を含む $R_2O_3$ なる組成をもった化合物で、スピネル構造をもち、 $(400)$ 配向面をもつ材料であり、該磁区制御膜が該磁気抵抗効果素子膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域において少なくとも前記磁気抵抗効果素子膜両脇端面に直接接し、かつ、該磁区制御膜が前記磁気ヨーク膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域の少なくとも一部分において前記磁気ヨーク膜両脇端面に直接接していることを特徴とする磁界センサー。

#### 【請求項7】

基板と、下部磁気シールド層と上部磁気シールド層からなる一対の磁気シールド層と、該一対の磁気シールド間に配置された磁気抵抗効果素子膜と、該一対の磁気シールド間に配置され、媒体対向面に露出した位置から、素子高さ方向に伸

びた形状をもち、どちらかの磁気シールド層に接触して媒体の磁束を誘導する構造を持つフラックスガイド型磁気ヨーク膜と、該磁気抵抗効果素子膜面に垂直な方向に信号電流を流すための電極端子と、該磁気抵抗効果素子膜およびフラックスガイド型磁気ヨーク膜のバルクハウゼンノイズを抑制するための磁区制御膜とを備えた磁界センサーにおいて、前記磁気抵抗効果素子膜は媒体対向面より後退した位置において、前記フラックスガイド型磁気ヨーク膜の上あるいは下に配置され、該フラックスガイド型磁気ヨーク膜は前記磁気抵抗効果素子膜と接する領域において不連続部分を有し、前記磁気抵抗効果素子膜及び前記フラックスガイド型磁気ヨーク膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域において該磁気抵抗効果素子膜両脇位置に配された前記磁区制御膜を構成する材料が少なくとも  $R$  ( $R = Fe, Co, Mn, Ni$ ) と酸素 ( $O$ ) を含む  $R_2O_3$  なる組成をもった化合物で、スピネル構造をもち、 $(400)$  配向面をもつ材料であり、該磁区制御膜が前記磁気抵抗効果素子膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域において少なくとも前記磁気抵抗効果素子膜両脇端面に直接接し、かつ、該磁区制御膜が前記磁気ヨーク膜の媒体対向面側端面から素子高さ位置に至る領域の少なくとも一部分において前記磁気ヨーク膜両脇端面に直接接していることつことを特徴とする磁界センサー。

#### 【請求項 8】

前記磁区制御膜の酸化物下地膜を構成する材料が、少なくとも  $R$  ( $R = Co, Mg, Ni, Eu, Fe, Zn$ ) と酸素 ( $O$ ) からなる  $RO$  なる化合物で、 $NaCl$  構造をもち、 $(200)$  配向面をもち、該酸化物下地膜上に前記磁区制御膜を構成する材料が少なくとも  $R$  ( $R = Fe, Co, Mn, Ni$ ) と酸素 ( $O$ ) を含む  $R_2O_3$  なる組成をもった化合物で、スピネル構造をもち、 $(400)$  配向面をもつ材料であることを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれかに記載の磁界センサー。

#### 【請求項 9】

前記磁区制御膜を構成する材料が、 $Co$  (コバルト) と  $Cr$  (クロム) と  $Pt$  (白金)、 $Ta$  (タンタル)、 $Nb$  (ニオブ) を構成元素として持つ金属磁性材料からなる高保磁力・硬質磁性材料と、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $HfO_2$ 、 $TaO$



2、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{AlSiN}$ または $\text{ZrO}_2$ からなる絶縁性材料を混合したグラニューラ膜であることを特徴とする請求項5乃至8のいずれかに記載の磁界センサー。

【請求項10】

前記磁区制御膜が、前記磁気抵抗効果素子膜の両端部に接して配された高抵抗率軟磁性の酸化物材料からなる膜と、その外側に接して配された、 $\text{Co}$ （コバルト）と $\text{Cr}$ （クロム）と $\text{Pt}$ （白金）、 $\text{Ta}$ （タンタル）、 $\text{Nb}$ （ニオブ）を構成元素として持つ金属磁性材料からなる硬質磁性膜とによって構成されていることを特徴とする請求項5乃至9のいずれかに記載の磁界センサー。

【請求項11】

前記磁区制御膜が前記磁気抵抗効果素子膜の膜面上に少なくとも部分的に重畳している形状を備えることを特徴とする請求項1乃至10のいずれかに記載の磁界センサー。

【請求項12】

前記磁気抵抗効果素子膜がトンネル磁気抵抗効果素子膜であることを特徴とする請求項1乃至11のいずれかに記載の磁界センサー。

【請求項13】

記録素子と再生素子を搭載した複合型磁気ヘッドであって、該再生素子は請求項1乃至12のいずれかに記載の磁界センサーを備えることを特徴とする複合型磁気ヘッド。

【請求項14】

情報を記録する磁気記録媒体と、前記磁気記録媒体に情報を記録するための記録素子と、前記磁気記録媒体に記録された情報を検出するための再生素子を有する磁気記録ヘッドと、前記記録再生ヘッドに記録信号および再生信号を送受信するリード／ライト回路と、前記記録再生ヘッドを前記磁気記録媒体上の所定の位置に移動させるアクチュエータと、前記リード／ライト回路とアクチュエータを制御する記録再生動作を制御する手段とを備えた磁気記録再生装置において、前記再生ヘッドが、請求項1乃至12のいずれかに記載の磁界センサーを備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

## 【請求項 1 5】

情報を記録する磁気抵抗効果センサーと、該磁気抵抗効果センサーに接続し、素子に電流を流すビット線と、磁気抵抗効果センサー膜を挟んで該ビット線と対抗した位置の、磁気抵抗センサー膜から離れた位置にあって、かつ、該ビット線に直交し、磁気抵抗センサー膜に記録動作を行うワード線と、記録信号を増幅する増幅系と、読み出し、書き込みのスイッチをおこなう読み出しワード線を備えたセルが、複数個並列している構造を持つ磁気記憶素子において、該磁気抵抗効果センサーが磁気抵抗効果素子膜からなり、該磁気抵抗効果素子膜を磁区制御するための膜に、前記請求項 1 乃至 1 2 のいずれかに記載の高抵抗率磁区制御膜を備えていることを特徴とする磁気記憶素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は磁氣的に記録された情報を再生する磁気抵抗効果素子用磁区制御膜を用いた磁界センサー、磁気ヘッド、及び磁気記録再生装置に関し、特に再生分解能に優れた磁界センサーと、これを用いた磁気ヘッド、および磁気記録再生装置に関する。

## 【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

磁気記録再生装置における記録密度は著しく向上を続けており、その磁気記録再生ヘッドは、記録、再生の両特性に関し高性能化の要求が高い。

## 【0 0 0 3】

再生ヘッド素子に関しては（１）高感度化技術の向上、（２）トラック幅の狭小化技術向上、および（３）再生磁気シールド間隔の狭小化技術の３点について、その技術を向上させることが要求されている。

## 【0 0 0 4】

（１）については磁気抵抗効果を利用したMRヘッドを発展させることにより高感度化がすすめられている。数（ $G b / i n^2$ ）の低記録密度では異方性磁気抵抗効果（AMR）を用いて記録媒体上の磁氣的信号を電気信号に変換していた

が、これを超える高記録密度になると、より高感度な巨大磁気抵抗効果（GMR）を用いてこの高記録密度に対応している。しかしながら、さらなる高感度が進むと、記録素子との関係上、垂直磁気記録構造に変遷し、膜面に垂直な方向に検出電流を流す方式のGMR（CPP-GMR）や、トンネル磁気抵抗効果（TMR）を使いこなすための構造が必須である。

## 【 0 0 0 5 】

GMRを用いた磁気ヘッドの公知例として、特公平 8 - 2 1 1 6 6 号公報には、スピバルブと呼ばれる構造が記されている。これは、反強磁性層によって磁化が特定の方向に固定されている磁性体からなる固定層と、この固定層に積層した非磁性薄膜と、この非磁性薄膜を介して積層した磁性膜からなる自由層とで構成されており固定層と自由層の磁化の相対的な角度で電気抵抗が変化するものである。

## 【 0 0 0 6 】

（2）はトラック幅を狭くすることによってトラック密度を向上させるものである。再生トラック幅は抵抗変化を検知するためのセンス電流を流す電極間距離によって決定されると一般に考えられている。再生素子はバルクハウゼンノイズが生じるとS/Nの損失が大きく、これを抑制することが必要である。このバルクハウゼンノイズは、微視的な磁壁移動に伴うもので、再生素子を単磁区化させるような磁区制御膜を配置することが必要である。この磁区制御膜は、媒体対向面側から見た再生素子のセンサー膜部分の両脇に配置されることが多い。ただし、磁区制御膜は通常、適当な下地金属膜上に形成した金属硬質磁性材料膜であって、磁気抵抗効果素子膜との接触面、下部シールド上面、および上部シールドとの接触面にはさらに、絶縁酸化物膜を要する。この磁区制御膜により磁気抵抗効果素子膜は磁界を受け、実効的に異方性磁界が大きくなり外部磁界感度が激減する。このため、特開平 9 - 2 8 2 6 1 8 号公報には、電極間隔を磁区制御膜間隔よりも小さくし、外部磁界に対して有効な感度を持つ素子領域を信号検出に用いるという構造が記されている。

## 【 0 0 0 7 】

（3）の再生ギャップ間隔の狭小化すなわち再生磁気シールド間隔の狭小化技

術に関しては、分解能改良による線記録密度向上の検討が行われている。通常、シールド層は磁気抵抗効果素子膜を挟むように上下に配置されており、シールド層と磁気抵抗効果素子膜の間には感知電流がシールドにもれないように絶縁材料からなるギャップ層が配されている。再生磁気シールド間隔が狭くなるとギャップ層の膜厚も薄くなり絶縁膜の特性の膜厚依存性やピンホールの存在によって絶縁性が保てず、信号検知用電流（センス電流）が磁気シールドにもれて再生出力が低下してしまう。この損失は分流損と呼ばれている。

#### 【0008】

これを解決するための方法として、特開平5-266437号公報には少なくとも一方の磁気シールドの磁気抵抗効果素子膜側表面に絶縁性磁性層を配置する構造が記されている。

#### 【0009】

#### 【発明が解決しようとする課題】

再生素子の将来的構造を考えた場合、記録素子が従来の面内磁気記録方式では十分な記録磁界を出すことが困難である点と、さらに高感度な磁気抵抗効果センサーであるC P P (Current Perpendicular to the Plane) - GMRやTMRが膜面に垂直なセンス電流を流す構造を利用した磁界センサーであることから、C P P方式の感知センス電流をとる構造になると考えられる。しかしながら、このような構造を採用しながら、磁気抵抗効果素子膜の素子面積を小さくした場合に、従来の磁区制御膜では磁区制御膜の絶縁性を確保することが困難になるという新たな問題が発生する。すなわち、従来の磁区制御膜は絶縁膜／（下地金属膜）／金属硬質磁性材料膜／絶縁膜の積層構造をとって下部磁気シールド上に配置し、これが磁気抵抗効果素子膜の両端部に接触した構造をとっていた。これに対し、該磁気抵抗効果素子膜が薄膜化し、微細化することで、（1）下部絶縁膜のつきまわり不足によって磁気抵抗効果素子膜に流れるセンス電流が磁区制御膜へ分流し、出力が低下する、（2）下部絶縁膜を厚くつけたために磁気抵抗効果素子膜と磁区制御膜の間隔が開き、磁区制御が設計とずれる、（3）絶縁膜の耐圧を維持する膜厚を考慮すると、相対的に磁区制御膜の磁性膜膜厚が薄くなり、所定の磁化比を確保できなくなり、磁区制御が設計困難となる、という3点が問題と

なる。さらに、TMR素子のヨーク構造やフラックスガイド構造を採用した場合には、これらも磁区制御する必要があるので、単純に考えると、上記の磁区制御膜をさらに複数層重ねるという手段をとることになり、プロセス的にも非常に困難問題を伴うこととなる。

## 【 0 0 1 0 】

本発明の目的は磁気記録再生において、特に、再生分解能に優れた磁気抵抗効果型磁界センサー及びこれを用いた磁気ヘッドならびに磁気記録再生装置の提供にあり、そのために、磁気抵抗効果型センサーの再生分解能向上に適した高抵抗磁区制御膜を提供することにある。

## 【 0 0 1 1 】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明においては以下のような手段によって磁区制御膜に関する上記の問題点を解決し、再生分解能の優れた磁気抵抗効果センサーおよびこれを用いた磁気ヘッド並びに磁気記録再生装置を提供する。

## 【 0 0 1 2 】

すなわち、従来、絶縁膜／（下地金属膜）／金属硬質磁性材料膜／絶縁膜の多層構造をとって下部磁気シールド上に配置している磁区制御膜を、本発明においては、高抵抗な硬質磁性材料からなる単層膜で構成し、これにより直接磁区制御をおこなうという手段を用いる。この方法によれば、磁性膜の上下に配した絶縁膜を省略できるために、磁気抵抗効果素子膜が薄膜化したときに絶縁膜膜厚による磁化比の損失を低減でき、電流の分流損失を低減することが出来る。また、磁区制御膜が磁気抵抗効果素子膜へ直接接触するために磁区制御磁界の損失を最小限にすることができる。

## 【 0 0 1 3 】

このような特性をもちうる高抵抗な硬質磁性材料として（１）スピネル構造をもつ酸化物磁性体、および（２）金属硬質磁性材料と非磁性絶縁材料からなるグラニューラー磁性体がある。（１）としては、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ などがある。 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ （００４）膜が成長した場合には比較的大きい残留磁化をもち、保磁力も大きく、比抵抗も $10^5\sim 10^6\Omega\text{cm}$ と高いことから上記の単層磁区制御膜に

適用可能である。このような系としては、このほか  $\gamma - (\text{FeCo})_2\text{O}_4$  などがある。

#### 【0014】

ただし、スピネル構造を薄膜にして磁気特性を発現させるためには、一般には、非常に高温（500℃以上）の基板温度で作製することが必要であるとされている。すなわち、スパッタリング法により300℃以下の実用温度範囲で作製すると、非晶質の膜となる傾向がある。これを解決する手段として、該スピネル構造磁性膜の下にNaCl構造の酸化物高配向薄膜あるいは単結晶薄膜を一層挿入し、この上に上記高抵抗磁区制御膜を形成するという方法を考案し、手段として用いた。

#### 【0015】

この方法で用いられる下地膜材料としては $\text{CoO}$ （200）、 $\text{MgO}$ （200）、 $\text{NiO}$ （200）、 $\text{EuO}$ （200）、 $\text{FeO}$ （200）、および $\text{ZnO}$ （001）があげられる。これらの材料は比較的容易に室温、スパッタリング法で成長させることができる。そして、この面上にスピネル型化合物 $\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$ を成長させると、 $\gamma - \text{Fe}_2\text{O}_3$ （400）面が300℃以下の比較的低温領域においてこれらの酸化物上に作製されることがわかった。これらの酸化物薄膜は1nm以上5nm以下の膜厚範囲でも、下地膜としての作用を発現する。これらの下地膜も電気的には絶縁体～絶縁半導体なので、基本的には磁気抵抗効果素子膜から磁区制御膜への分流を無くすことができる。

#### 【0016】

一方、金属硬質磁性材料と非磁性絶縁材料からなるグラニューラー磁性体は、混合スパッタリング法あるいはスパッタリング法による積層多層膜形成によって、非磁性絶縁材料中に粒子状の硬質磁性材料が形成される。このとき、粒体積が臨界体積（熱エネルギー $kT$ が磁気エネルギー $MV + KV$ よりも大きくなってしまいう粒子体積 $V$ ）よりも小さくなってしまふと、磁氣的には常磁性あるいは弱い軟磁性となる。しかし、このグラニューラー粒子を臨界体積よりも大きくし、かつ、粒子形状を異方的に変え、絶縁物によって固定することで、磁氣的に硬質にすることができる。すなわち、本発明でいうグラニューラー磁性材料は、金属硬質磁性

材料を非磁性絶縁材料で包み込んだ材料であり、その粒子体積が臨界体積よりも大なるものである。上記条件が満たされれば粒子形状は任意である。

【 0 0 1 7 】

【発明の実施の形態】

発明の実施の形態を実施例に基づき図面を参照して説明する。

【 0 0 1 8 】

(実施例 1)

図 1 および図 2 はそれぞれ本発明の一つを実施した形態としての磁気抵抗効果センサーの媒体対向面から見た構造および素子高さ方向に対して垂直な面の断面を示す図である。図中の矢印 1 1 0 はそれぞれ素子高さ方向を表わしている。

【 0 0 1 9 】

基体 1 0 1 上に例えばアルミナからなるベース絶縁膜 1 0 2 を形成し、化学機械式研磨法 (CMP) などによる精密研磨を施した後に下部磁気シールド膜 1 0 3 を形成する。これは、例えばスパッタリング法、イオンビームスパッタリング法、あるいはめっき法で作製した厚さ  $2\mu\text{m}$  の  $\text{Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$  からなる。この膜を所定の大きさにレジストマスクをパターンニングし、他の部分にイオンミリングを施し、レジストを剥離する。この上に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を成長させて、イオンミリングによって除去された部分 1 0 4 を埋める。これ CMP を施した後に、 $\text{Cu}$  や  $\text{Ru}$  からなる電極膜 (図示せず) を  $20\text{nm}$  成長させ、さらに、素子部から離れた部分に引き出し電極膜 1 1 1 を形成する。これは例えば、 $\text{Ta}$  と  $\text{Au}$  と  $\text{Ta}$  によって構成された膜である。

【 0 0 2 0 】

さらに、先ほどの電極膜の膜上にある磁気抵抗センサ膜の構成される領域にリフトオフパターンを形成し、この上に  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{SiO}_2$  の混合物によって構成される膜厚  $150\text{nm}$  の層を形成する。これは  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と  $\text{SiO}_2$  のそれぞれの単相膜でも良い。これをリフトオフした後に、磁気抵抗センサ膜 1 0 5 を形成した。この磁気抵抗センサ膜は、GMR を用いた形式と TMR を用いた形式の 2 種類を形態として検討した。信号検知用電流 (センス電流) をこれら磁気抵抗センサ膜の膜面に垂直な方向 (Current Perpendicular to the Plane : CPP

) に流した。

#### 【 0 0 2 1 】

GMR膜は、例えば下部側からCo<sub>48</sub>Mn<sub>52</sub>反強磁性膜12nm、Co1nm、Ru0.8nm、およびCo2nmからなる固定層、Cu2nm、Co0.5nm、Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>が2.5nmからなる自由層、及びTa3nmからなる。反強磁性膜について、PtMn系の規則系反強磁性膜を用いる場合は、固定層と反強磁性膜のあいだの交換結合を発現させるために熱処理を要する。このとき固定層の磁界が素子高さと直交する面内方向に向くようにした。

#### 【 0 0 2 2 】

一方、TMR膜は、例えば下部側から、Ta5nm、NiFe3nm、およびCoFe膜2nmからなる自由層、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2nmからなる障壁層、CoFe2nm、Ru1nm、およびCoFe1nmからなる固定層、MnIr10nmからなる反強磁性層、及びTa3nm、NiFe5nmからなる。

#### 【 0 0 2 3 】

これらの磁気抵抗効果素子膜105は膜形成後に感磁部となる場所（下部シールド兼電極膜面上）にリフトオフ材料を形成した後、イオンミリング法などの方法でこれらの磁気抵抗効果素子膜をエッチングする。エッチング後に磁区制御膜106を膜形成し、リフトオフマスクを除去する。この後、磁区制御膜106、磁気抵抗効果素子膜105の素子高さ方向のパタンを形成し、周囲の部分をイオンミリングで除去し、この上に保護絶縁膜107としてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とSiO<sub>2</sub>の混合膜を150nm形成し、上部シールド膜112を形成する。

#### 【 0 0 2 4 】

磁気抵抗効果磁界センサー上に記録ギャップを介して積層した磁気コアをもつ記録素子を形成することによって磁気記録再生装置の磁気ヘッドが形成される。

#### 【 0 0 2 5 】

上記の作製方法に代表されるような方法で本発明の磁気抵抗効果磁界センサー及びこれを用いた磁気ヘッドは作製される。このなかで、磁区制御膜106は面内に電流を流す場合と比較して要求される特性が異なる。磁区制御膜としては磁区制御膜自体が（1）下部から絶縁膜Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>膜220nm、下地



膜としてCr膜5nm、磁性膜にCoCrPt25nm、上部に絶縁保護膜Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>膜220nmを積層した膜、(2)磁性膜として下地にCoO膜5nm、 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜50nmを積層した膜、(3)磁性膜として $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜50nm積層した膜、(4)CoCrPt1.5nmとSiO<sub>2</sub>1.1nmを交互に積層した膜(厚さ60nm)について検討した。

## 【0026】

(1)の方法は、図5に概略構造を示すような従来の磁区制御膜であり、比較例として示した。この従来の磁区制御膜をそのまま適用した場合、シールド間隔Gsが70nm以上の場合には磁区制御膜501、502、および503の作製が可能である。しかし、下部Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(501)によるCoCrPt(502)の絶縁を保つための、磁気抵抗効果素子膜端部接合部の形成について、次の点が重要となる。

## 【0027】

一つは、絶縁を保つためには磁気抵抗効果素子膜105端部をまずAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜501が完全に被覆し、この上に金属硬質磁性CoCrPt(502)が成長し、さらに、この上に成長するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜503がこのCoCrPt膜を完全に被覆しなければならないということである。このためには、膜形成するスパッタリング装置が、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>については膜面中のリフトオフパターンに入り込み、CoCrPtについてはあまり入り込まないとするような特性をもち、かつ、そのような作製条件を確保することが必要である。さらに、作製にはリフトオフパターンの形成が必要であり、素子の大きさが小さく(1 $\mu$ m以下)になったときにはその形成が困難となる。また、膜厚20nm未満の絶縁膜では十分な絶縁性を持たないこと、および、十分な絶縁性を保つために厚膜にした場合には磁気抵抗効果素子膜105端部と磁区制御膜のCoCrPt膜との間隔が開くため、磁区制御力が弱くなり、磁区制御ができなくなるという問題が発生する。このため、再生ヘッドの高分解能化のためにシールド間隔を70nm以下に狭めた場合、この(1)の方法は使用困難になる。

## 【0028】

次に、(2)の場合は、図4に示す本発明の一形態である。まず適当な処理を

施した基板 3 0 1 上に下部シールド 3 0 2 が形成され、この上の磁気抵抗効果素子膜 1 0 5 の両端に接した領域に、C o O 下地膜 3 0 4 を形成する。この C o O 下地膜では C o O ( 0 0 2 ) が成長しており、この上に  $\gamma$ -F e 2 O 3 を ( 6 5 n m ) 形成し、磁区制御膜 3 0 3 を作製することができる。ここで  $\gamma$ -F e 2 O 3 は下地膜の効果により ( 0 0 4 ) 配向面を持つ。これは、他のフェライトである C o -  $\gamma$ -F e 2 O 3 でも同様である。

## 【 0 0 2 9 】

この膜は、膜状態で数  $1 0 \Omega \text{ cm}$  以上の比抵抗をもつ。この場合、リフトオフパターンは不必要で、通常のレジストパターンで作製可能である。また、磁気抵抗効果素子膜と磁区制御膜が接した形でも、磁気抵抗効果素子膜上に磁区制御膜が乗り上げた形でもよい。本方式によれば、磁区制御膜は、磁気抵抗効果素子膜と比較して非常に高い電気抵抗率をもつため、信号検知電流は磁気抵抗効果素子膜だけを流れ、磁区制御膜への分流による信号強度の損失は無くなる。

## 【 0 0 3 0 】

また、シールド間隔が狭くなっても、従来形式のような絶縁保護膜が不必要なので、その分、同等の磁化比を発生させる磁区制御膜のトータルの膜厚を薄くすることが可能である。ここで、磁化比とは、磁気抵抗効果素子膜の自由層の磁化と膜厚の積で、磁区制御膜の膜厚を決定する目安となる量である。磁区制御膜の場合、残留磁化と膜厚の積がこれに相当する。本検討の  $\gamma$ -F e 2 O 3 や C o -  $\gamma$ -F e 2 O 3 は、比抵抗も  $1 0^5 \sim 1 0^6 \Omega \text{ cm}$  と高く、保磁力が約 1 . 3 ~ 5 . 0 k O e、残留磁化 1 . 2 ~ 3 . 5 k G、飽和磁化 3 . 5 ~ 4 . 2 k G であり、C o C r P t の値（保磁力が約 1 . 0 ~ 3 . 0 k O e、残留磁化 4 ~ 9 k G、飽和磁化 6 . 5 ~ 1 2 . 0 k G）よりは小さいが、保護絶縁膜の分を考慮すると、シールド間隔の狭い場合の磁区制御には有効である。さらに、膜形成プロセスとして、従来の 4 層膜 ( A l 2 O 3 / C r / C o C r P t / A l 2 O 3 ) から 2 層膜に減少できるので作業を効率化することが可能である。

## 【 0 0 3 1 】

次に、本発明の他の一例である ( 3 ) の場合、図 3 に基本的な構造を示す。磁区制御層の酸化物下地 3 0 4 が無い点を除けば ( 2 ) と同様であり、作製法の面

では、直接  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  を形成する点が異なる。この場合は膜形成時に、基板温度を  $300\sim 500^\circ\text{C}$  に上昇させ、到達真空度が約  $10^{-11}\text{Torr}$  の高真空膜形成装置で形成させるか、あるいは、露出している下部シールド上面に ECR イオン源などを用いて酸素イオンを照射し、表面を酸化させることで、優先的に  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  を成長させることができる。この場合、(2) と同様の効果が得られることを確認した。

## 【0032】

本発明の他の一例である (4) の場合は、図 6 の構造を持つ。この場合の磁区制御膜 601 は  $\text{CoCrPt}$  1.5nm と  $\text{SiO}_2$  1.1nm を交互に積層した膜である。 $\text{CoCrPt}/\text{SiO}_2$  の膜厚比は 2:1 から 1:2 の間であって、 $\text{CoCrPt}$  の膜厚としては 0.5nm から 2nm、比抵抗は  $10\text{m}\Omega\text{cm}$  以上、保磁力が約 1.0kOe 以下、残留磁化 2~4kG であるので上記と同様の効果が得られる。ただし、この場合、下地には  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を 10nm 以上入れるとなお効果的である。

## 【0033】

本実施の (2) から (4) の形態では、再生シールド間隔 (ギャップ間距離) が 70nm 以下の場合でも磁気抵抗変化膜と磁区制御膜の導通による再生特性の劣化は認められなかった。

## 【0034】

## (実施例 2)

上記実施例 1 における、磁気抵抗効果センサーの構造で、下部から順に積層した構造について、上下を反転した構造でも同様の効果を得ることができる。

## 【0035】

## (実施例 3)

上記実施例の形態 1 における、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  などのスピネル型酸化物を用いた磁区制御膜の形成において、磁区制御膜 303 の下地 304 に  $\text{CoO}$  膜のかわりに、 $\text{Mg}(200)$ 、 $\text{NiO}(200)$ 、 $\text{EuO}(200)$ 、 $\text{FeO}(200)$ 、または  $\text{ZnO}(200)$  などの  $\text{NaCl}$  型の結晶構造を持ち (200) 面を持つような酸化膜を形成し、この上に形成した、スピネルフェライトを低温で結

晶化させることが可能である。さらに、この膜を形成する方法として、これらの膜をスパッタリング法やイオンビームスパッタリング法およびクラスターイオンビーム法により作製する方法がある。これ以外の方法として、下部シールド 3 0 2 上に Co、Mg、Ni、Eu、Fe、または Zn の膜を 1 ~ 5 nm の厚さで形成し、これを真空中酸素暴露、ECR プラズマによる酸素照射、または基板加熱 (100 ~ 250℃) して低圧酸素暴露等の方法で酸化膜を形成し、このうえにスピネルフェライトを形成する方法も同等の結果を得ることが可能である。

## 【 0 0 3 6 】

さらに、この酸化物下地 3 0 4 の上に形成するスピネル型酸化物として、 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、及び、Co- $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> がある。このうち後者は、 $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> と CoFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の固溶体であると考えられ、化学式では (Co (y) Fe (8 - 2 y) / 3) O<sub>4</sub> ( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) と表されるものである。Co の比率を変えることによって、保磁力を変えることが可能である。さらに、ガラス基板上にこれらを形成した場合と比較して、酸化物下地上に形成すると同じ膜厚で 1.5 倍から 2 倍の高い保磁力をしめし、Co / Fe 比が 0.08 では 10 nm で 2.6 kOe の保磁力を示す。

## 【 0 0 3 7 】

## (実施例 4)

実施例 1 の (1) の磁区制御膜を形成する前に、図 7 に示すように 7 0 1 の部分に高抵抗軟磁性膜 MnZn フェライトを形成、あるいは、絶縁物と金属磁性体を交互に積層、あるいはこれらを同時にスパッタリングして混合状態にしたグラニュー膜、例えば、Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub> の膜厚 1.4 nm の層と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.0 nm の層を 25 層積層した膜などの膜を形成した。その後、磁気抵抗効果素子膜外辺部の数 mm 離れた位置で、外側をイオンミリングで除去し、この除去された部位に 5 0 2 で表されるような、CoCrPt などの金属磁性膜を形成した。この構造は、磁気抵抗効果素子膜に直接金属磁区制御膜 5 0 2 が接触しないので分流は無いが、間に軟磁気特性をもった膜を配するので、磁区制御磁界は有効に磁気抵抗効果素子膜に印加される。

## 【 0 0 3 8 】

## (実施例 5)

磁気抵抗効果素子膜が露出した磁界センサーは、図 1 0 に示すような、磁界センサーの構造を分解した立体模式図によれば、磁気抵抗効果素子膜 1 0 5 の両端に磁区制御膜 1 0 6 が配置され、この上と下に磁気シールド 1 0 3 と 1 0 9 が配置された構造である。上記の実施例に述べた本発明は、この 1 0 6 が高抵抗材料であるというものであった。さらに、別の構造の磁界センサー、すなわち再生素子としてヨーク構造を備えた磁界センサーがある。図 1 1 は、代表的なヨーク構造と、磁区制御膜を模式的に表した立体図である。この構造は、媒体に対向した面に磁気抵抗効果素子膜 1 1 0 5 が露出しない構造をとっている。ここで、Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>からなる下部磁気シールド 1 1 0 3 と上部磁気シールド 1 1 0 7 に挟まれたギャップに、同様の軟磁性材料からなるヨーク膜が配置された構造について下記に述べる性能を確認した。該ヨーク膜は、図 1 1 では上部ヨーク 1 1 0 6 と下部ヨーク 1 1 0 2 が接合した C リング形状になっている。このほかにも、下部ヨークを先端で絞った形式や、厚膜にした形式、ヨークが磁気抵抗効果素子膜下で不連続になっている構造がある。図中、磁区制御膜として 1 1 0 1 が示されている。この膜は、発明の実施の形態 1 にて示した高抵抗磁区制御膜を用いている。これによって、少なくとも下部のヨークと磁気抵抗効果素子膜は磁区制御され、かつ、周囲の分流は無い。この磁区制御膜の構造としては、図 1 2 に示すように上下ヨーク膜と磁気抵抗センサ膜を同時に磁区制御する形式と、それぞれを磁区制御する構造のいずれでも分流の無い、良好な磁区制御が可能であることを確認した。

## 【 0 0 3 9 】

上記の図 1 1 は、ヨーク構造の磁区制御膜の位置を簡略に示すための構造図である。詳細には、図 8、および、図 9 のような、それぞれ本発明の一つを実施した形態としての磁気抵抗効果素子膜の媒体対向面から見た構造および素子高さ方向の断面を示す図であらわされる構造に作製する。

## 【 0 0 4 0 】

また、図 1 4 には、フラックスガイド型ヨーク構造とその磁区制御の模式図を

しめす。図中X Y側から見える面が、媒体対抗面である。下部シールド1 0 0 2上に後退して配置した磁気抵抗効果素子膜上に、1 4 0 1に示されるように、媒体対抗面に露出した位置から磁気抵抗効果素子膜上まで伸び、かつ、磁気抵抗効果素子膜の媒体対抗面の反対面に接触し、素子高さ方向Zに伸びた形状をもった、たとえばNi 8 9 Fe 1 9からなる軟磁性膜を形成した。この膜は、記録媒体からの磁束を前記磁気抵抗効果素子膜に導くためのものでフラックスガイドとよばれるものである。このフラックスガイド膜を磁区制御するために、磁気抵抗効果素子膜形成、イオンミリング、パターニング、フラックスガイド膜1 4 0 1形成、磁区制御膜1 0 0 1形成をおこなう工程で、磁区制御膜1 0 0 1に本発明の高抵抗磁区制御材料を用いると、下記の利点がある。すなわち、従来では、磁気抵抗効果素子膜のトラック幅方向に絶縁保護膜の形成が必須であったのに対し、本発明では直接磁区制御膜を形成しても分流無く磁区制御が可能となる。また、フラックスガイド型ヨーク構造でも、磁気抵抗効果素子膜および、フラックスガイド型ヨークを一括して磁区制御することが可能である。

## 【 0 0 4 1 】

また、図1 5および図1 6に示すように、磁気抵抗効果素子膜に感知される磁束の量を増すために、該ヨークの磁気抵抗効果素子膜に接する部分を不連続にした構造でも、磁区制御膜の材料を高抵抗膜にすることによって、本発明の磁区制御膜を形成する事が可能である。本実施例のヨーク構造の磁区制御膜の配置の例を図1 7と図1 8に示した。

## 【 0 0 4 2 】

## (実施例6)

図1 9は本発明による磁界センサーを搭載した磁気ヘッドを用いた一実施例の磁気ディスク記録再生装置を示す図である。

## 【 0 0 4 3 】

図示した磁気ディスク記録再生装置は、同心円状のトラックとよばれる記録領域にデータを記録するための、ディスク状に形成された磁気記録媒体としての磁気ディスク1 9 0 1と、磁気トランスデューサーからなり、上記データの読み取り、書き込みを実施するための本発明による磁界センサーを搭載した磁気ヘッド

1906（詳細には磁気ヘッド1910とスライダ1909からなる）と、該磁気ヘッド1906を支え磁気ディスク1901上の所定位置へ移動させるアクチュエータ手段1911と、磁気ヘッドが読み取り、書き込みするデータの送受信及びアクチュエータ手段の移動などを制御する制御手段とを含み構成される。

【0044】

さらに、構成と動作について以下に説明する。少なくとも一枚の回転可能な磁気ディスク1901が回転軸1902によって支持され、駆動用モーター1903によって回転させられる。少なくとも一個のスライダ1909が、磁気ディスク1901上に設置され、該スライダ1909は、一個以上設けられており、読み取り、書き込みするための本発明による磁気ヘッド1910を支持している。

【0045】

磁気ディスク1901が回転すると同時に、磁気ヘッド1906がディスク表面を移動することによって、目的とするデータが記録されている所定位置へアクセスされる。磁気ヘッド1906は、ジンバル1907によってアーム1908にとりつけられる。ジンバル1907はわずかな弾力性を有し、磁気ヘッド1906を磁気ディスク1901に密着させる。アーム1908はアクチュエータ1911に取り付けられる。

【0046】

アクチュエータ1911としてはボイスコイルモータ（以下、VCMと称す）がある。VCMは固定された磁界中に置かれた移動可能なコイルからなり、コイルの移動方向および移動速度等は、制御手段1912からライン1904を介して与えられる電気信号によって制御される。したがって、本実施例によるアクチュエータ手段は、例えば、磁気ヘッド1906とジンバル1907とアーム1908とアクチュエータ1911とライン1904を含み構成されるものである。

【0047】

磁気ディスクの動作中、磁気ディスク1901の回転によって磁気ヘッド1906とディスク表面の間に空気流によるエアベアリングが生じ、それが磁気ヘッド1906を磁気ディスク1901の表面から浮上させる。したがって、磁気ディスク装置の動作中、本エアベアリングはジンバル1907のわずかな弾力力と

バランスをとり、磁気ヘッド1906は磁気ディスク表面にふれずに、かつ磁気ディスク1901と一定間隔を保って浮上するように維持される。

【0048】

通常、制御手段1912はロジック回路、メモリ、及びマイクロプロセッサなどから構成される。そして、制御手段1912は、各ラインを介して制御信号を送受信し、かつ磁気ディスク装置の種々の構成手段を制御する。例えば、モータ1903はライン1904を介し伝達されるモータ駆動信号によって制御される。

【0049】

アクチュエータ1911はライン1904を介したヘッド位置制御信号及びシーク制御信号等によって、その関連する磁気ディスク1901上の目的とするデータトラックへ選択された磁気ヘッド1906を最適に移動、位置決めするように制御される。

【0050】

そして、制御信号は、磁気ヘッド1910が磁気ディスク1901のデータを読み取り変換した電気信号を、ライン1904を介して受信し解読する。また、磁気ディスク1901にデータとして書き込むための電気信号を、ライン1904を介して磁気ヘッド1910に送信する。すなわち、制御手段1912は、磁気ヘッド1910が読み取りまたは書き込みする情報の送受信を制御している。

【0051】

なお、上記の読み取り、書き込み信号は、磁気ヘッド1910から直接伝達される手段も可能である。また、制御信号として例えばアクセス制御信号およびクロック信号などがある。さらに、磁気ディスク装置は複数の磁気ディスクやアクチュエータ等を有し、該アクチュエータが複数の磁気ヘッドを有してもよい。

【0052】

このような複数の機構を兼ね備えることによって、いわゆるディスクアレイ装置を形成することが可能である。

【0053】

本装置において、磁気ヘッドの磁界センサーに本発明の磁界センサーを用いた



ことにより、磁界センサーの性能向上に見合って、装置の再生分解能を向上することができる。

#### 【 0 0 5 4 】

##### (実施例 7)

図 2 0 には、磁気記憶素子の一例として、すでに公知である M R A M の代表的構造を示す。情報を記録する磁気抵抗効果素子膜 2 0 0 2 と、該磁気抵抗効果素子膜に接続し、素子に電流を流すビット線 2 0 0 1 と、磁気抵抗効果素子膜 2 0 0 2 を挟んで該ビット線 2 0 0 1 と対抗した位置の、磁気抵抗効果素子膜 2 0 0 2 から離れた位置にあって、かつ、該ビット線に直交し、磁気抵抗効果素子膜に記録動作を行うワード線 2 0 0 5 と、記録信号を増幅する増幅系と、読み出し、書き込みのスイッチをおこなう読み出し導線 2 0 0 7 を備えたセルが、複数個並列している構造を持つ磁気記憶素子において、該磁気抵抗効果素子膜 2 0 0 2 が、実施例 1 に示すような磁気抵抗効果素子膜からなる。そうすると、電流は膜面垂直方向に流れるので実施例 1 と同様の磁気抵抗効果素子膜の使用法になる。また、磁気抵抗効果素子の大きさは一辺が  $0.2 \sim 0.25 \mu\text{m}$  である。このとき、磁気抵抗効果素子膜の自由層の磁化は、ワード線とビット線を流れる電流の方向で、磁気抵抗効果素子膜部分に発生する合成磁界の方向をかえることによって回転させる。この磁気抵抗効果素子膜の自由層の磁化方向を回転させる時に、自由層に磁区が発生すると、磁界に対する抵抗値が変動し、 $S/N$  が低下するために、記憶が読み出せなくなる。これを制御性良く行うためには磁区制御膜を必要とする。その際に、本発明にて考案した高抵抗磁区制御膜 2 0 0 8 が磁気抵抗効果素子膜 2 0 0 2 の両端に位置することにより、磁区制御膜への分流損失無しに磁区制御することが可能であり、本磁気記憶素子の記憶密度を向上できる。

#### 【 0 0 5 5 】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、磁気抵抗効果素子膜を用いた磁界センサーにおいて、(1) 磁区制御膜への分流損失をゼロにできる、(2) 従来の磁区制御膜の作製プロセスの工程数を低減する事が可能である、(3) 磁区制御膜の膜厚を耐圧保護膜の分だけ薄くできるため、シールド間隔を狭めたときにより微細な磁区制御が可能

である。以上により、（４）膜面垂直に電流を流す磁界センサーにおいて、実用化可能な磁区制御膜を提供することが可能である。さらに、本発明の磁界センサーを用いることにより再生分解能の優れた磁気ヘッドならびに磁気記録再生装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施例 1 における磁界センサーの媒体対向面側の断面構造と、磁区制御膜の位置を示した図である。

【図 2】

本発明の実施例 1 における磁界センサーの素子高さ方向の断面図である。

【図 3】

本発明の実施例 1（３）における、高抵抗磁区制御膜と磁気抵抗効果素子膜の位置関係を示す、媒体対向面側断面図である。

【図 4】

本発明の実施例 1（２）における、高抵抗磁区制御膜と磁気抵抗効果素子膜の位置関係を示す、媒体対向面側断面図である。

【図 5】

本発明の実施例 1（１）における、高抵抗磁区制御膜と磁気抵抗効果素子膜の位置関係を示す、媒体対向面側断面図である。

【図 6】

本発明の実施例 1（４）における、高抵抗磁区制御膜と磁気抵抗効果素子膜の位置関係を示す、媒体対向面側断面図である。

【図 7】

本発明の実施例 4 における、高抵抗磁区制御膜と磁気抵抗効果素子膜の位置関係を示す、媒体対向面側断面図である。

【図 8】

本発明の実施例 5 における磁界センサーの媒体対向面側の断面構造と、磁区制御膜の位置を示した図である。

【図 9】

本発明の実施例 5 における磁界センサーの素子高さ方向の断面図である。

【図 1 0】

本発明の、実施例 1 および実施例 5 における、露出型の磁界センサの構造を立体的に示す構造図である。

【図 1 1】

本発明の実施例 5 において示したヨーク構造、および、これを磁区制御するための本発明の磁区制御膜の配置位置の一例を模式的に表した構造図である。

【図 1 2】

本発明の実施例 5 において示すヨーク構造の磁区制御膜の配置の一例である。

【図 1 3】

本発明の実施例 5 において示すヨーク構造の磁区制御膜の配置の一例である。

【図 1 4】

本発明の実施例 5 において示したフラックスガイド型ヨーク構造、および、これを磁区制御するための本発明の磁区制御膜の配置位置の一例を模式的に表した構造図である。

【図 1 5】

本発明の実施例 5 におけるフラックスガイド型ヨークの形状の一例、および、磁気抵抗センサとの位置関係の一例を示す図である。

【図 1 6】

本発明の実施例 5 におけるフラックスガイド型ヨークの形状の一例、および、磁気抵抗効果素子膜との位置関係の一例を示す図である。

【図 1 7】

本発明の実施例 5 において示すヨーク構造の磁区制御膜の配置の一例である。

【図 1 8】

本発明の実施例 5 において示すヨーク構造の磁区制御膜の配置の一例である。

【図 1 9】

本発明の実施例 6 における磁気記録再生装置の構造と動作の模式図である。

【図 2 0】

本発明の高抵抗磁区制御膜を備えた磁気抵抗効果素子膜をもちいたMRAMの構造の一例の側面図である。

【図 2 1】

図 2 0 を基板面に垂直な方向からみた図(状態 “1” を表わす)である。

【図 2 2】

図 2 1 の場合と導線を通る電流の方向が 9 0 度異なる場合(状態 “0” を表わす)の図である。

【符号の説明】

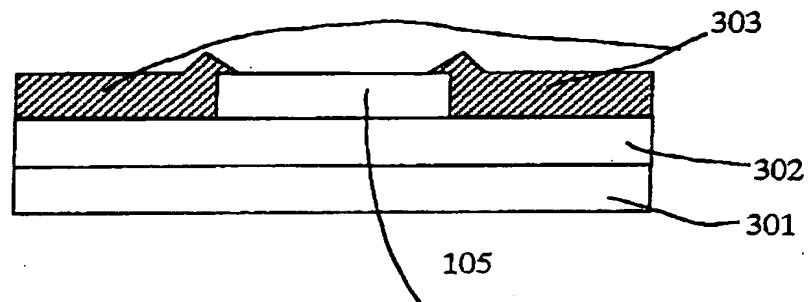
1 0 1 基板、1 0 2 ベース絶縁膜、1 0 3 再生用下部磁気シールド、  
1 0 4 絶縁体、1 0 5 磁気抵抗効果素子膜、1 0 6 磁区制御膜、  
1 0 7 絶縁保護膜、1 0 8 絶縁保護膜、1 0 9 再生用上部磁気シールド、  
1 1 0 媒体対抗面を示す矢印、1 1 1 下部引き出し電極、  
1 1 2 上部引き出し電極、3 0 1 基板およびベース膜、  
3 0 2 下部磁シールド膜、3 0 3 本発明の高抵抗磁区制御膜、  
3 0 4 本発明の酸化物下地膜、5 0 1 絶縁膜、5 0 2 磁区制御膜、  
5 0 3 絶縁膜、6 0 1 磁区制御膜(高抵抗、高保磁力グラニューラー)、  
7 0 1 磁区制御膜(高抵抗、高透磁率)、8 0 1 磁気ヨーク膜、  
8 0 3 上部磁気ヨーク膜、X 媒体対抗面トラック幅方向、  
Y 媒体対抗面膜厚方向、Z 素子高さ方向、1 1 0 1 磁区制御膜、  
1 1 0 2 下部磁気ヨーク、1 1 0 3 下部磁気シールド、  
1 1 0 5 磁気抵抗効果素子膜、1 1 0 6 上部磁気ヨーク、  
1 1 0 7 上部磁気シールド、1 1 0 8 素子の各方向を示す矢印、  
1 4 0 1 フラックスガイド型ヨーク膜、1 9 0 1 磁気ディスク、  
1 9 0 2 回転軸、1 9 0 3 モータ、1 9 0 4 ライン、1 9 0 5 制御手段、  
1 9 0 6 スライダー、1 9 0 7 ジンバル、1 9 0 8 アーム、  
1 9 0 9 スライダー、1 9 1 0 磁気ヘッド、1 9 1 1 アクチュエータ、  
1 9 1 2 制御手段、2 0 0 1 導線(信号線)ビット線、2 0 0 2 磁気  
抵抗効果素子膜、2 0 0 3 電流の方向を表わす矢印、2 0 0 4 導線、

2 0 0 5 導線（言語線）ワード線、2 0 0 6 導線 2 0 0 5 を流れる電流の方向を表わす矢印、2 0 0 7 導線、2 0 0 8 本発明による磁区制御膜の配置、2 0 0 9 半導体 C M O S あるいはトランジスタ的な動作をする基板、2 0 1 0 磁界センサー中の磁化の方向を表わす矢印。



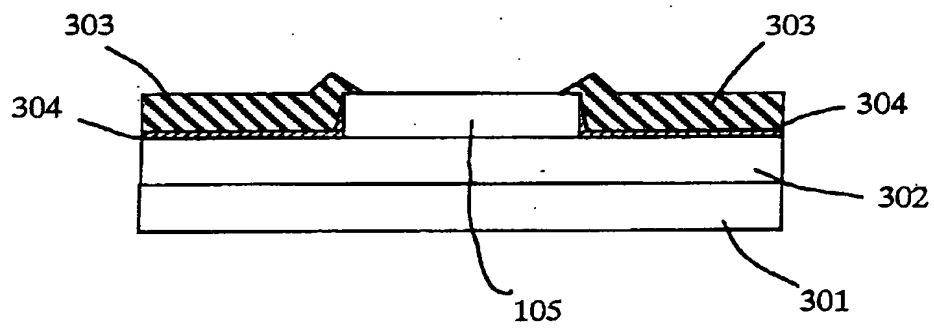
【図 3】

図3



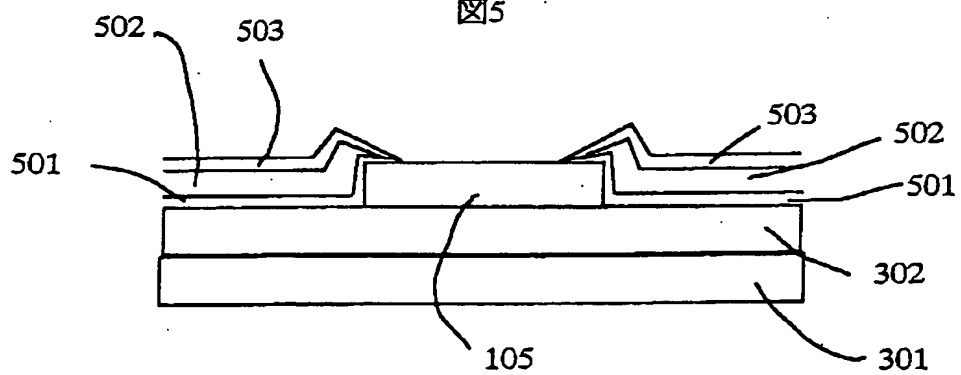
【図 4】

図4

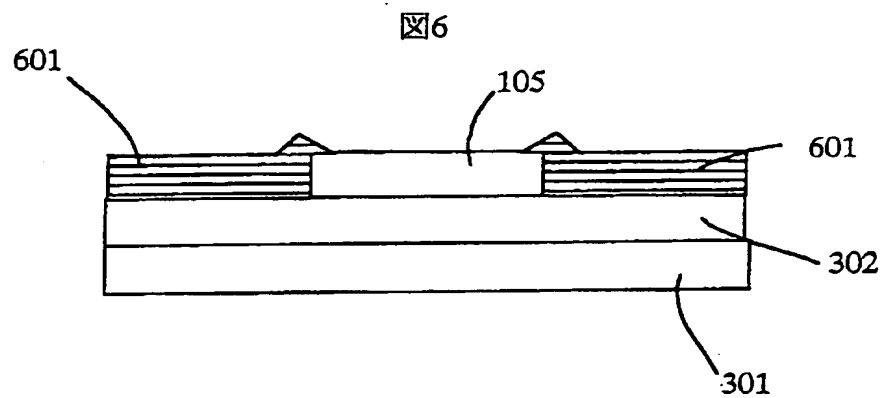


【図 5】

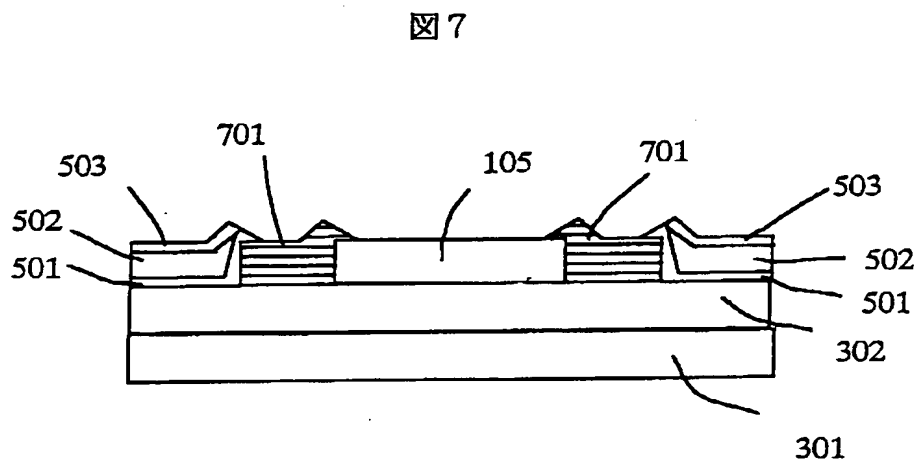
図5



【図 6】

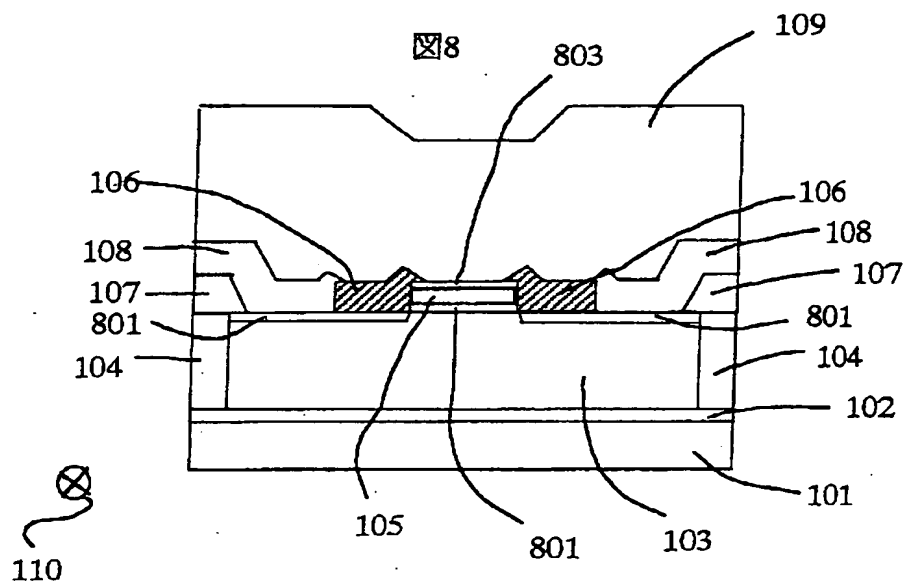


【図 7】

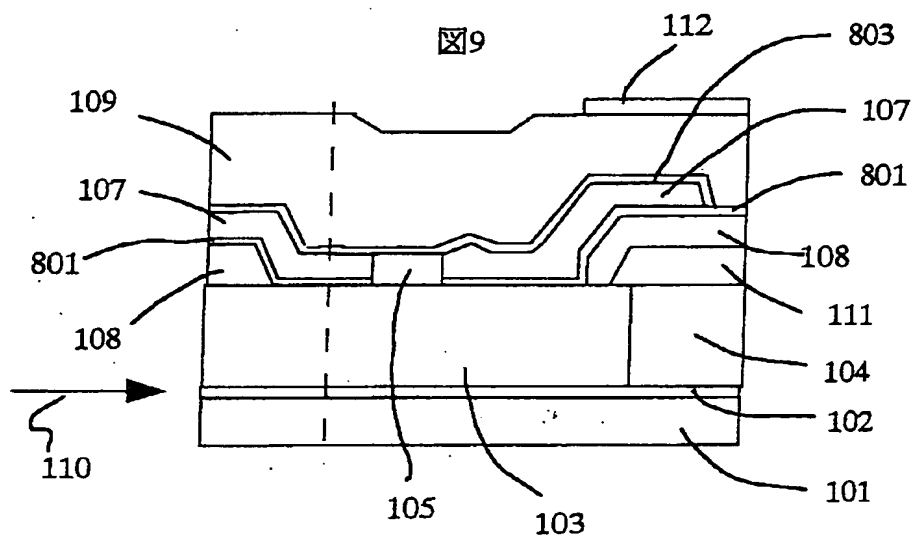




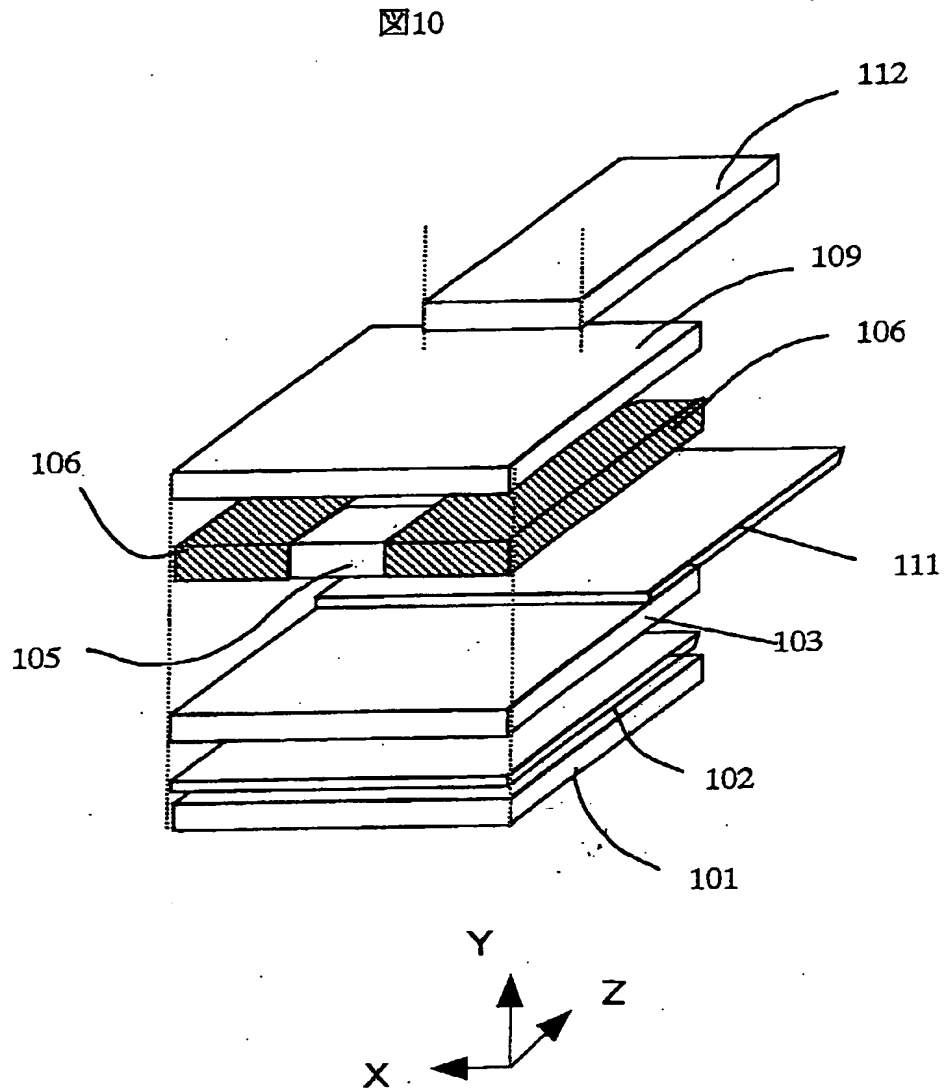
【图 8】



【图9】

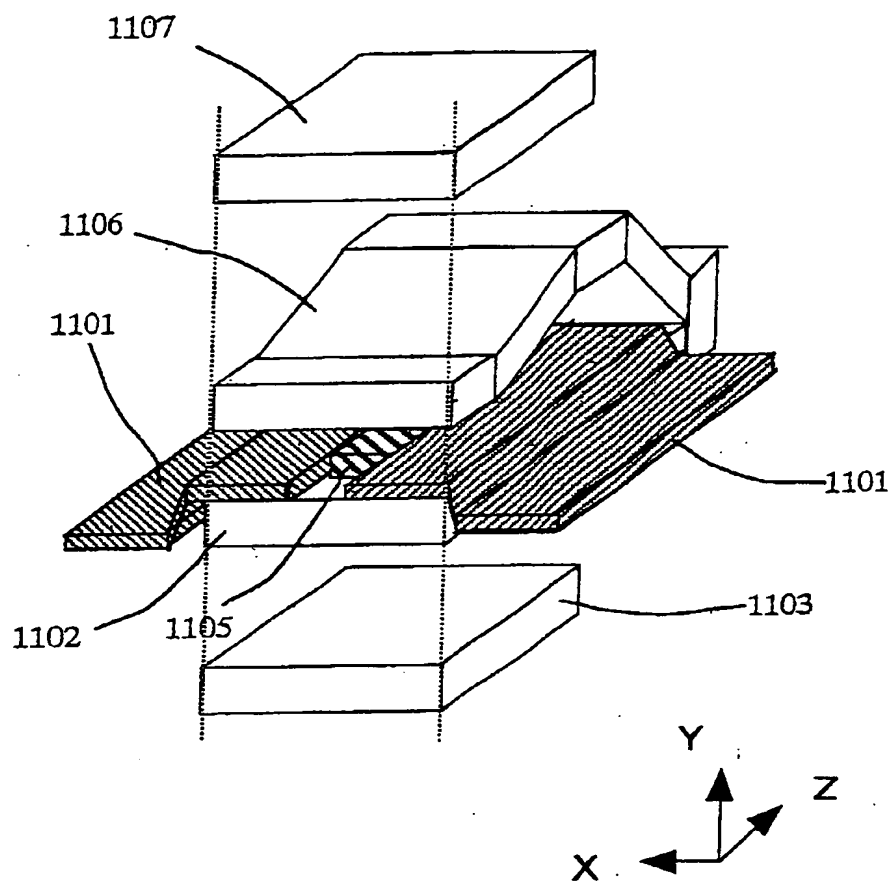


【図 10】



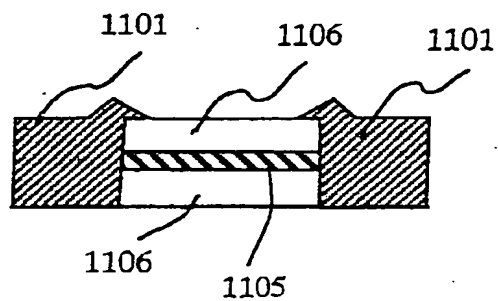
【図 1 1】

図 11



【図 1 2】

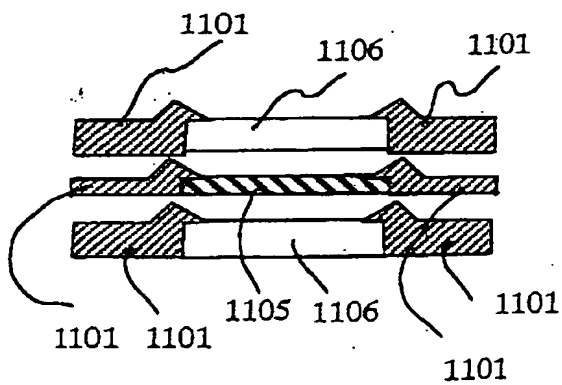
図 12



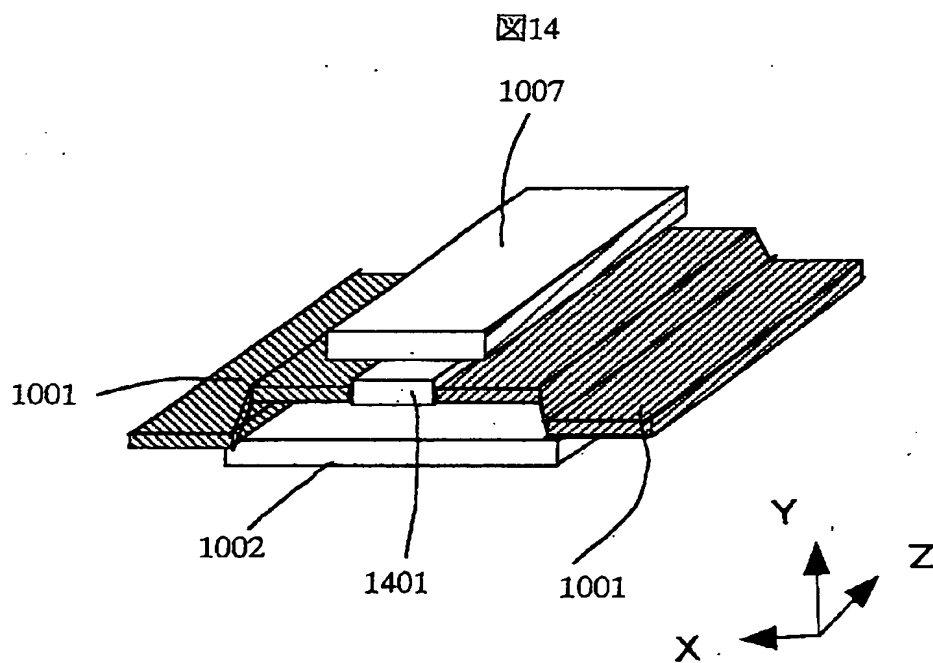
⊗ 1003

【図 1 3】

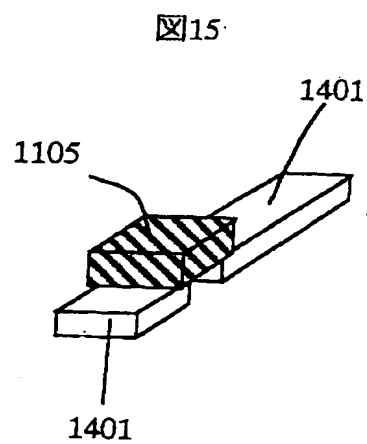
図 13



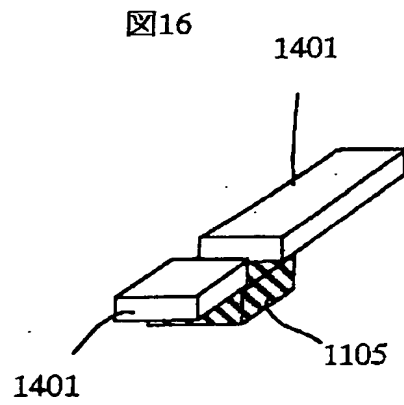
【図 1 4】



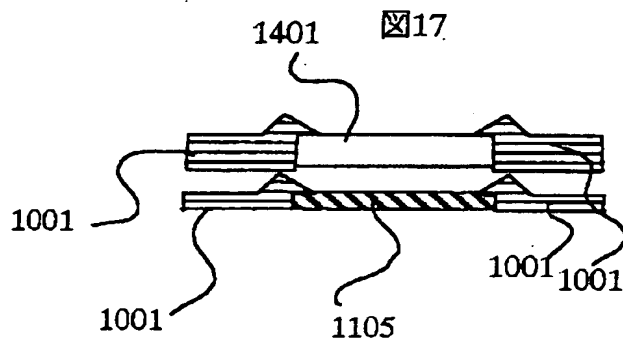
【図 1 5】



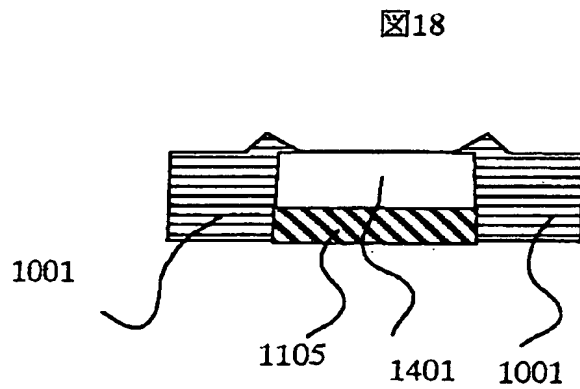
【図 1 6】



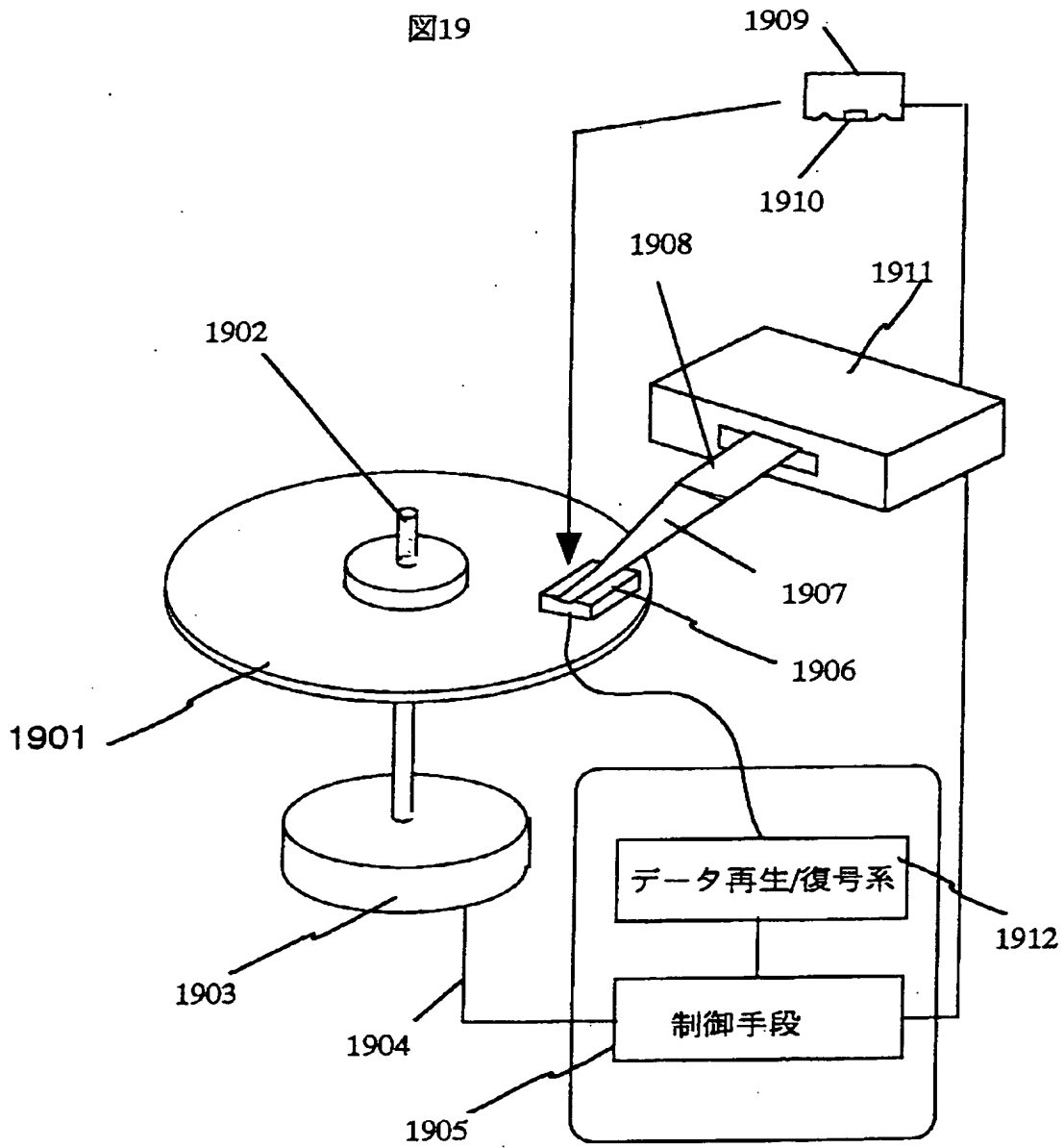
【図 1 7】



【図 1 8】

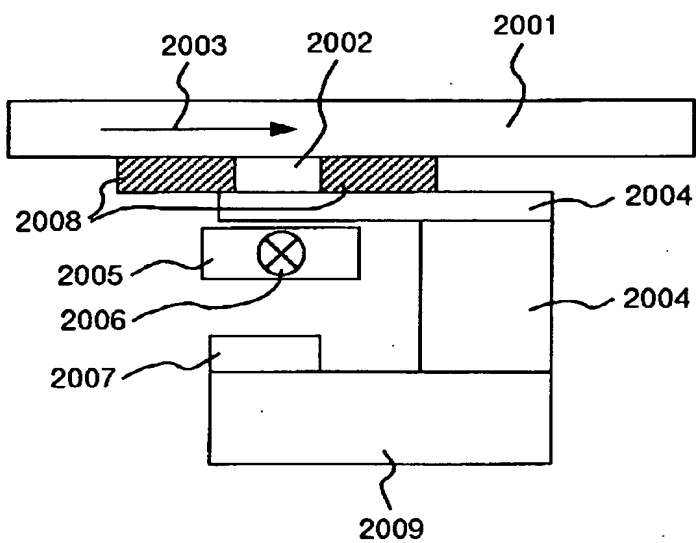


【図 19】



【図 2 0】

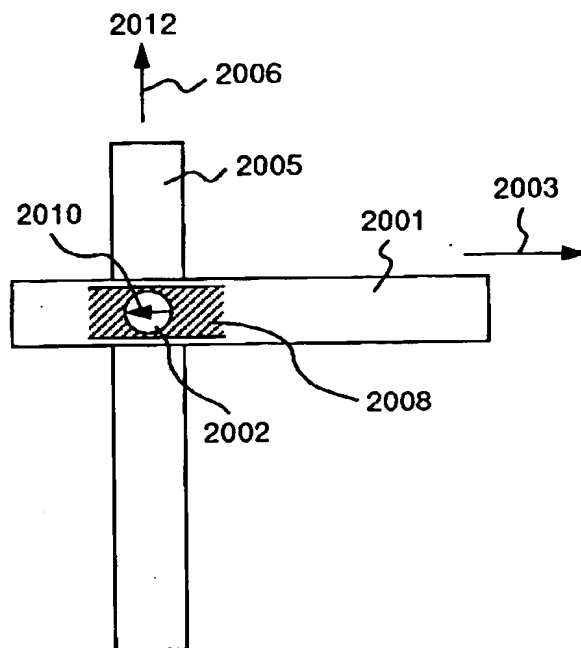
図 2 0





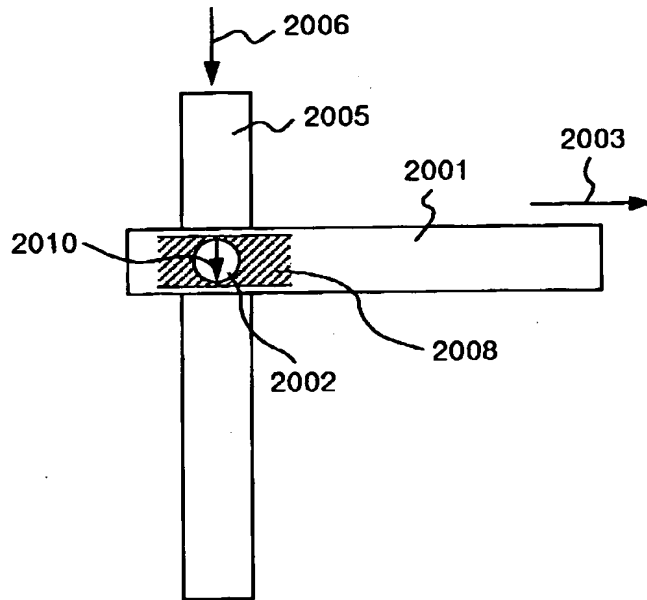
【図 2 1】

図 2 1



【図 2 2】

図 2 2



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

膜面に垂直な方向に信号検知電流を流す形式の磁界センサーにおいて信号再生時の分解能を高め、該磁界センサーを用いた磁気ヘッド並びに磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】

基板と、下部磁気シールド層と上部磁気シールド層からなる一対の磁気シールド層と、該一対の磁気シールド間に配置された磁気抵抗効果素子膜と、該磁気抵抗効果素子膜面に垂直な方向に信号電流を流すための電極端子と、前記磁気抵抗効果素子膜のバルクハウゼンノイズを抑制するための磁区制御膜とを備えた磁界センサーにおいて、該磁気抵抗効果素子膜両端位置に接して配された磁区制御膜を、 $10\text{ m}\Omega\text{ cm}$ 以上の比抵抗をもつ、高抵抗率材料によって構成することにより再生分解能の優れた磁界センサーを得ることができ、同センサーを用いることにより再生分解能の優れた磁気ヘッド並びに磁気記録再生装置を提供することができた。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
氏 名 株式会社日立製作所